



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 100 35 829 C 2

51 Int. Cl. 7:  
F 24 F 11/04  
F 04 D 27/00  
H 02 P 7/00  
G 05 D 7/06

21 Aktenzeichen: 100 35 829.2-34  
22 Anmeldetag: 22. 7. 2000  
43 Offenlegungstag: 26. 4. 2001  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 18. 7. 2002

031431 U.S. PTO  
10/769909



DE 100 35 829 C 2

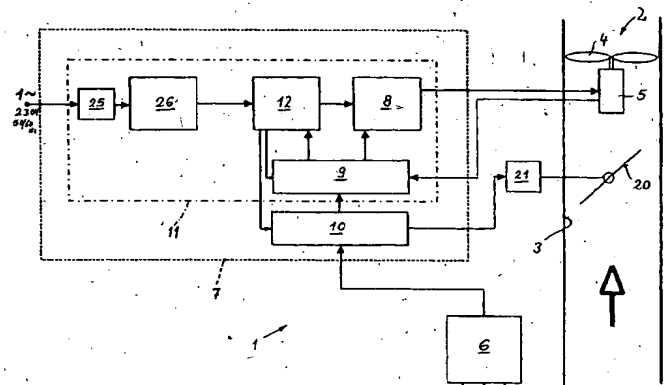
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

66 Innere Priorität:  
199 38 641. 2 14. 08. 1999  
73 Patentinhaber:  
Ziethl-Abegg GmbH & Co KG, 74653 Künzelsau, DE  
74 Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwaltssozietät Maucher, Börjes  
& Kollegen, 79102 Freiburg

72 Erfinder:  
Leutwein, Gerhard, 74653 Künzelsau, DE; Knorr,  
Joachim, 97996 Niederstetten, DE  
55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 44 04 477 A1  
DE 42 17 303 A1  
DE 40 04 519 A1  
DE 36 17 195 A1  
DE 33 42 031 A1  
DE 693 20 255 T2  
EP 05 72 149 B1  
WO 99 61 964 A1

54 Verfahren zum Betreiben einer Lüftungseinrichtung sowie Lüftungseinrichtung

57 Verfahren zum Betreiben einer Lüftungseinrichtung (1),  
wobei ein in einer Strömungsführung (3) angeordneter  
Ventilator (2) zum Erzeugen eines Luft-Volumenstroms  
mittels eines Antriebsmotors (5) angetrieben wird, wobei  
der Volumenstrom geregelt wird, indem ein Volumen-  
strom-Istwert erfaßt und mit einem Volumenstrom-Soll-  
wert verglichen wird und wobei bei einer Regelabwei-  
chung die Drehzahl des Antriebsmotors (5) im Aus-  
gleichssinn verändert wird, dadurch gekennzeichnet, daß  
der Elektromotor des Ventilators (2) elektronisch kommu-  
tiert und die Drehzahl des Antriebsmotors (5) durch Ver-  
ändern der effektiven Betriebsspannung des Antriebsmo-  
tors (5) eingestellt wird, und daß der Ist-Volumenstrom in-  
direkt ermittelt wird, indem ein aus dem Drehzahlwert  
sowie einer Stellgröße für das lastabhängige Verändern  
der effektiven Betriebsspannung mittels Motorkenngrö-  
ßen das Motordrehmoment und daraus sowie dem Dreh-  
zahlwert mittels Ventilator-Kenngrößen, der Ist-Volu-  
menstrom bestimmt wird.



DE 100 35 829 C 2

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Lüftungseinrichtung, wobei ein in einer Strömungsführung angeordneter Ventilator zum Erzeugen eines Luft-Volumenstroms mittels eines Antriebsmotors angetrieben wird, wobei der Volumenstrom geregelt wird, indem ein Volumenstrom-Istwert erfaßt und mit einem Volumenstrom-Sollwert verglichen wird und wobei bei einer Regelabweichung die Drehzahl des Antriebsmotors im Ausgleichssinn verändert wird. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Lüftungseinrichtung mit wenigstens einem in einer Strömungsführung angeordneten Ventilator und mit einer Einrichtung zur Bestimmung des die Strömungsführung durchströmenden Volumenstromes aufweisenden Volumenstrom-Regelung, wobei der Ventilator mit einem Elektromotor in Antriebsverbindung steht, der über Schaltelemente mit einem Wechselstrom-Versorgungsnetz verbindbar ist.

**[0002]** Eine derartige, aus der Praxis bekannte Lüftungseinrichtung wird unter anderem zur Stallentlüftung eingesetzt, wo zur Erzielung eines gewünschten Stallklimas ein vorgebbare Luftvolumenstrom bei der Entlüftung eingehalten werden muß. Zur Messung des vorhandenen Volumenstromes weist die Lüftungseinrichtung einen in der Strömungsführung angeordneten Meßventilator als Sensor auf, der vom Luftstrom angetrieben wird. Abgesehen von dem durch den Meßventilator vorhandenen Strömungswiderstand, der die Energiekosten erhöht, ist damit auch ein entsprechender Aufwand verbunden, unter anderem auch bei der Montage.

**[0003]** Aus DE 36 17 195 A1 ist auch bereits eine Lüftungseinrichtung bekannt, die einen von einem Elektromotor angetriebenen Ventilator hat. Die Drehzahl des Elektromotors wird mittels einer elektronischen Regeleinrichtung eingestellt. Der Volumenstrom der von dem Ventilator geförderten Luft wird bei der Drehzahlregelung jedoch nicht erfaßt.

**[0004]** In DE 42 17 303 A1 ist eine Lüftungseinrichtung beschrieben, die einen von einem polumschaltbaren Asynchronmotor angetriebenen Ventilator aufweist. Die Lüftungseinrichtung hat eine Regelschaltung, mittels welcher der Asynchronmotor durch Absenkung seiner Betriebsspannung in seiner Drehzahl stufenlos regelbar ist. Auch bei dieser Drehzahlregelung wird der Volumenstrom der von dem Ventilator geförderten Luft nicht erfaßt.

**[0005]** Aus WO 99/61 964 A1 ist ferner ein Verfahren zur Regelung der Drehzahl eines von einem Elektromotor angetriebenen Ventilators bekannt, bei dem der Motorstrom des Elektromotors gemessen wird. Dabei wird jeweils aus dem Strommesswert mit Hilfe einer Kennlinie ein Drehzahlwert ermittelt, und der Elektromotor wird derart angesteuert, dass sich dieser Drehzahlwert einstellt. Nach Angabe der Offenlegungsschrift steht der Motorstrom im direkten Verhältnis zu dem von dem Ventilator geförderten Volumenstrom. Dies gilt jedoch nur, wenn der Strömungswiderstand der Strömungsführung konstant ist. Wenn sich der Strömungswiderstand der Strömungsführung und somit der Arbeitspunkt des Ventilators dagegen ändert, weicht der nach dem Verfahren eingestellte Volumenstrom von dem Volumenstrom-Sollwert ab.

**[0006]** Aus DE 40 04 519 A1 ist ein kombiniertes Zuluft- und Abluftgerät für eine Lüftungs- und/oder Klimaanlage bekannt, das einen ersten Ventilator für die Zuluftförderung und einen zweiten Ventilator für die Abluftförderung aufweist. Das Fördervolumen des zweiten Ventilators ist durch einen saugseitig angeordneten Drallregler und/oder durch Drehzahlregelung des Antriebsmotors des zweiten Ventilators veränderbar. Die Drall- und/oder Drehzahlregelung des zweiten Ventilators weist einen druckabhängig arbeitenden Regler auf. Das Zuluft- und Abluftgerät ist vergleichsweise aufwendig aufgebaut.

**[0007]** Aus DE 44 04 477 A1 ist ein Verfahren zum kombinierten Lüften, Heizen und Kühlen von Gebäuden bekannt, bei dem Istwerte des Raumklimas, wie z. B. Temperatur und/oder Feuchtigkeit, erfaßt und mit Sollwerten verglichen werden. In Abhängigkeit von diesem Vergleich erfolgt eine Drehzahl- bzw. Leistungsansteuerung von Ventilatoren für Frischluft und/oder Abluft, wobei die Betriebsspannung der Ventilatoren verändert wird. Volumenstrom-Istwerte werden bei diesem Verfahren jedoch nicht erfaßt.

**[0008]** Aus DE 33 42 031 A1 ist auch bereits eine Lüftungseinrichtung mit einem Ventilator bekannt, der von einem elektronisch kommutierten Gleichstrommotor angetrieben wird. Die Drehzahl bzw. die elektrische Spannung des Gleichstrommotors wird in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur verändert. Auch bei dieser Lüftungseinrichtung werden keine Volumenstrom-Istwerte erfaßt.

**[0009]** Die EP 0 572 149 B1 offenbart ein System zum Antreiben einer Komponente eines Heiz-, Ventilations- und/oder Luftkonditionierungssystems als Antwort auf ein Systemsteuersignal, das von einer zentralen Einrichtung geliefert wird. Das System weist einen Elektromotor und einen programmierbaren Speicher zum Speichern von Parametern auf, die die Charakteristiken des Systems darstellen. Mittels eines Mikroprozessors, der auf den gewählten Parameter und das Systemsteuersignal anspricht, werden Motorsteuersignale erzeugt, welche die Motordrehzahl oder das Motordrehmoment als Funktion von dem gewählten Parameter und dem Systemsteuersignal steuern. Das System erfordert eine aufwendige Kalibrierung.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Lüftungseinrichtung sowie eine Lüftungseinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die einen geregelten Lüfterbetrieb und eine einfache Montage der Anlagenelemente ermöglicht und die einen verringerten Strömungswiderstand in der Strömungsführung verursacht.

**[0011]** Zur Lösung dieser Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art vorgeschlagen, daß der Elektromotor des Ventilators elektronisch kommutiert und die Drehzahl des Antriebsmotors durch Verändern der effektiven Betriebsspannung des Antriebsmotors eingestellt wird, und daß der Ist-Volumenstrom indirekt ermittelt wird, indem ein aus dem Drehzahlwert sowie einer Stellgröße für das lastabhängige Verändern der effektiven Betriebsspannung mittels Motorkenngrößen das Motordrehmoment und daraus sowie dem Drehzahlwert mittels Ventilator-Kenngrößen, der Ist-Volumenstrom bestimmt wird.

**[0012]** Durch den Einsatz eines an sich bekannten, elektronisch kommutierten Elektromotors, stehen aus der Elektronik Daten zur Verfügung, die eine praktisch sensorlose Regelung des Volumenstromes ermöglichen. Insbesondere ist kein Meßventilator mehr erforderlich, der einen Strömungswiderstand in der Strömungsführung verursacht. Damit ist eine Verbesserung des Wirkungsgrades vorhanden, weil keine Energie für den Antrieb eines Meßventilators aufgebracht werden muß. In Anbetracht des Einsatzes solcher Lüftungseinrichtungen im Dauerbetrieb, macht sich dies wirtschaftlich

erheblich bemerkbar. Außerdem ist auch eine Erhöhung der Zuverlässigkeit des Abluftsystems durch Wegfall eines Volumenstromsensors (Meßventilators) vorhanden. Schließlich ist eine Vereinfachung des Gesamtsystems und damit eine erhebliche Kosteneinsparung gegeben. Die Verstellung der effektiven Betriebsspannung kann aus einer Rotor-Positions-rückmeldung resultieren, die beispielsweise über einen motorinternen Lagesensor oder die elektromotorische Kraft (EMK) erfolgen kann. Da die Geschwindigkeit jedes Positionierschrittes des Rotors bei Weitschaltung des Statorfeldes lastabhängig ist, steht somit in Verbindung mit der Ist-Drehzahl das Motormoment zur Verfügung. Die Verstellung der effektiven Betriebsspannung kann aus einer Rotor-Positions-rückmeldung resultieren, die beispielsweise über einen motorinternen Lagesensor oder die elektromotorische Kraft (EMK) erfolgen kann. Da die Geschwindigkeit jedes Positionierschrittes des Rotors bei Weitschaltung des Statorfeldes lastabhängig ist, steht somit in Verbindung mit der Ist-Drehzahl das Motormoment zur Verfügung.

**[0013]** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt eine Drehzahlverstellung des Ventilatormotors durch Veränderung seiner effektiven Betriebsspannung. Dabei wird lastabhängig die Motordrehzahl über die Betriebsspannung so variiert, daß sich ein konstanter Volumenstrom einstellt. Zwar steht der Volumenstrom in der Strömungsführung mit der Drehzahl des Ventilators in einem direkten linearen Zusammenhang, jedoch nur bei konstantem Anlagenwiderstand. Dieser Anlagenwiderstand beziehungsweise die Lastverhältnisse ändern sich jedoch ständig, zum Beispiel durch Wind (Sog im Kamin bzw. in der Strömungsführung) und Verschmutzung. Es wurde herausgefunden, daß eine Berechnung des tatsächlichen Ist-Volumenstromes ohne direkte Volumenstrommessung aus der Ist-Drehzahl, der lastabhängig verstellbaren effektiven Betriebsspannung sowie gegebenen Motor- und Ventilator Kenngrößen möglich ist. Die Motorkenngrößen können eine Kennlinien-Schar aufweisen, die aus einer Vielzahl von einander zugeordneten Drehzahl-, Betriebsspannungsstellgrößen- und Motordrehmomentwerten bestehen und die Ventilator-Kenngrößen können eine Kennlinien-Schar umfassen, die aus einer Vielzahl von einander zugeordneten Drehzahl-, Motordrehmoment- und Volumenstromwerten hat. Die entsprechenden Motor- und/oder Ventilator kennlinien können beispielsweise experimentell ermittelt und gespeichert werden, so daß dann auf Basis der gespeicherten Kennlinien eine Vielzahl von Luft-Volumenstromwerten berechnet werden können. Die Kennlinien von Motor und/oder Ventilator können in Form einer Tabelle gespeichert werden, die Stützstellen der entsprechenden Kennlinie enthält. Selbstverständlich können die Motor- und/oder die Ventilator-Kenngrößen aber auch in anderer Weise vorliegen, beispielsweise in Form eines Algorithmus oder einer Rechenvorschrift.

**[0014]** Vorzugsweise ist bei einem Verfahren, bei dem der Volumenstrom zusätzlich durch ein verstellbares Drosselorgan beeinflußt wird, vorgesehen, daß ein Stellantrieb für das Drosselorgan mit einer aus der Volumenstrom-Regelabweichung des berechneten und des vorgegebenen Volumenstromes sowie der Stellgröße für das lastabhängige Verändern der effektiven Betriebsspannung gebildeten Stellgröße angesteuert wird. Damit ist die Funktion des Drosselorgans mit in die Regelung integriert. Das Drosselorgan tritt dann in Aktion, wenn durch starken Sog in der Strömungsführung der Luftstrom durch den Ventilator selbst nicht genügend verringert werden kann. Das Drosselorgan wird dann soweit geschlossen, bis der gewünschte Volumenstrom erreicht ist.

**[0015]** Zweckmäßigerweise wird die effektive Betriebsspannung des Motors durch Pulsweitenmodulation verändert, wobei die Stellgröße für das lastabhängige Verändern der effektiven Betriebsspannung aus dem Aussteuerungsgrad der Pulsweitenmodulation gebildet wird. Mit Hilfe der Pulsweitenmodulation kann die effektive Betriebsspannung des Motors auf einfache Weise verändert und an unterschiedliche Lastsituationen angepaßt werden. Das Aussteuersignal der Pulsweitenmodulation eignet sich gut als Eingangsgröße für die Regelung.

**[0016]** Die Lösung der vorstehend genannten Aufgabe besteht bezüglich eines Verfahrens der eingangs genannten Art darin, daß der Elektromotor des Ventilators ein elektronisch kommutierter Motor ist, der über einen Frequenzumrichter an das Wechselstromnetz angeschlossen ist, daß der Frequenzumrichter eine Endstufe mit an eine Ansteuerelektronik angeschlossen, steuerbaren Halbleiterschaltern aufweist, daß eine Spannungs-Steuereinrichtung zum Verändern der aus der Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters abgeleiteten Versorgungsspannung in Abhängigkeit des Motor-Drehmomentes vorgesehen ist, daß die Volumenstrom-Regelung Eingänge für ein Ist-Drehzahlsignal und ein den Aussteuerungsgrad der Spannungs-Steuereinrichtung repräsentierendes Stellgrößensignal aufweist, daß ein Speicher zum Speichern von motorspezifischen und von ventilatorspezifischen Kenndaten vorgesehen ist und daß die Volumenstrom-Regelung zum Konstanthalten eines eingestellten Volumenstromes eine Auswertelogik zur Bildung einer Drehzahlstellgröße aus den Eingangssignalen der Volumenstrom-Regelung sowie den abgespeicherten Motor- und Ventilator-Kenn-daten aufweist.

**[0017]** Wie bereits in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erläutert wurde, kann damit ohne Strömungssensor der Ist-Volumenstrom innerhalb der Strömungsführung bestimmt, und durch Anpassung der Drehzahl des Ventilator-Motors an unterschiedliche Lastverhältnisse in der Strömungsführung der Volumenstrom auf den Volumenstrom-Sollwert geregelt bzw. konstant gehalten werden.

**[0018]** Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den Unteransprüchen aufgeführt. Nachstehend ist die Erfindung mit ihren wesentlichen Einzelheiten anhand der Zeichnungen noch näher erläutert.

**[0019]** Es zeigen:

**[0020]** Fig. 1 ein Funktionsschema einer Lüftungseinrichtung mit einem Ventilator, einem Drosselorgan und einer Regelung,

**[0021]** Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Volumenstromregelung, und

**[0022]** Fig. 3 ein Diagramm, bei dem über dem Volumenstrom einerseits der Fördermediendruckabfall und andererseits das Motordrehmoment aufgetragen sind.

**[0023]** Eine in Fig. 1 schematisch dargestellte Lüftungseinrichtung 1 weist einen Ventilator 2 auf, der in einer durch einen Abluftkamin gebildeten Strömungsführung 3 angeordnet ist. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen Axialventilator, der ein propellerartiges Laufrad 4 und zentral einen Antriebsmotor 5 aufweist. Bei dem Antriebsmotor 5 handelt es sich um einen elektronisch kommutierten Gleichstrom-Elektromotor, d. h. um ein Antriebsaggregat ohne Kollektor und Bürsten. Die Kommutierung erfolgt elektronisch, wobei die Kommutierungseinheit und die Regelelektronik bevorzugt im Motorgehäuse beziehungsweise einem verlängerten Bereich des Motorgehäuses untergebracht sind. Im

Ausführungsbeispiel sind diese Baueinheiten zur Verdeutlichung seitlich abgesetzt dargestellt.

[0024] Die Lüftungseinrichtung kann beispielsweise zur Stallentlüftung dienen, wobei von einer Stallklimaregelung 6 entsprechend einer gemessenen Temperatur im Stall eine Vorgabe für einen Abluft-Volumenstrom der im ganzen mit 7 bezeichneten, dem Antriebsmotor 5 zugeordneten Elektronik 7 zugeführt wird. Diese Elektronik 7 beinhaltet einen Frequenzumrichter 11, mit dem die von einem Versorgungsnetz kommende Wechselspannung gleichgerichtet und die Gleichspannung als sogenannte Zwischenkreisspannung einer Endstufe 8 mit steuerbaren Halbleiterschaltern zugeführt wird. Die Ansteuerung der Endstufe 8 erfolgt mittels einer Ansteuerelektronik 9.

[0025] Der Antriebsmotor 5 wird in einem Regelkreis betrieben, wobei der in der Strömungsführung 3 erzeugte Volumenstrom entsprechend einer von der Stallklimaregelung 6 bestimmten Vorgabe auch bei Änderungen der Lastverhältnisse konstant gehalten werden soll. Dazu ist es erforderlich, den Ist-Volumenstrom zu erfassen. Die Volumenstrom-Erfassung erfolgt ohne einen Sensor innerhalb der Strömungsführung 3, indem der Ist-Volumenstrom aus im System vorhandenen Größen gebildet wird.

[0026] Eine in den Regelkreis zwischen Motor 5 und Ansteuerelektronik 9 eingefügte Regelung 10 ist als Blockschaltbild in Fig. 2 dargestellt. Wie bereits vorerwähnt, wird der Motor aus einem Gleichstrom-Zwischenkreis des Frequenzumrichters 11 versorgt. Die zur Kommutierung vorgesehene Ansteuerelektronik 9 erzeugt aus dieser Zwischenkreis-Gleichspannung ein zur gewünschten Drehzahl des Motors synchrones Drehfeld. Mit Hilfe eines Pulsweitenmodulators 12 kann die effektive, aus der Zwischenkreisspannung abgeleitete Betriebsspannung des Motors variiert und damit die Drehzahl des Motors verstellt werden. Im Motor 5 ist ein Lagesensor integriert, dessen Ausgangssignal zur Steuerung des Pulsweitenmodulators 12 dient, indem beispielsweise bei erhöhter Last und dadurch absinkender Drehzahl des Motors 5 die effektive Versorgungsspannung des Motors 5 zum Ausgleich entsprechend erhöht wird. Das Steuersignal des Pulsweitenmodulators gibt somit die Lastsituation des Motors wieder.

[0027] Um ohne zusätzlichen Volumenstrom-Sensor den tatsächlichen Ist-Volumenstrom ermitteln zu können, wird gemäß Fig. 2 ein innerhalb der Regelungsschaltung 10 zur Verfügung stehender Drehzahl-Istwert sowie ein den Aussteuerungsgrad des Pulsweitenmodulators 12 repräsentierender Wert einem ersten Funktionsblock 13 zugeführt und daraus das tatsächliche Motordrehmoment gebildet. Der Funktionsblock 13 weist dazu einen Speicher auf, in dem Kenngrößen des Elektromotors 5 gespeichert sind. Diese Kenngrößen können beispielsweise in Form einer Motorkennlinienschar oder einer Tabelle abgelegt sein, die eine Vielzahl von einander zugeordneten Drehzahl-, Betriebsspannungsstellen- und Motordrehmomentwerten sowie gegebenenfalls weiteren, für die Ermittlung des Motordrehmomentes relevanten Eingangsgrößen aufweist.

[0028] Das Motordrehmoment kann aber auch mittels eines in dem Speicher des Funktionsblocks 13 abgelegten Algorithmus berechnet werden. Dabei wird aus dem bekannten Effektivwert der an den Elektromotor 4 angelegten Versorgungsspannung und der aus der Ist-Drehzahl des Elektromotors 4 und einem gespeicherten motorspezifischen Proportionalitätsfaktor errechneten Induktionsspannung des Elektromotors 4 durch Differenzbildung die wirksame elektrische Spannung an dem Elektromotor 4 bestimmt. Aus dieser wirksamen Spannung und einer in dem Speicher des Funktionsblocks 13 abgelegten, den Innenwiderstand des Elektromotors 4 repräsentierenden Kenngröße wird der Motorstrom und aus diesem mittels einer weiteren Motor-Kenngröße das zum Motorstrom proportionale Motordrehmoment berechnet.

[0029] Ein sich an den Funktionsblock 13 anschließender Funktionsblock 14 weist einen Eingang für das im Funktionsblock 13 als Ausgangssignal zur Verfügung stehende Motordrehmomentsignal sowie einen weiteren Eingang für die Ist-Drehzahl auf. Der Funktionsblock 14 beinhaltet einen Speicher für drehzahlabhängige Kenngrößen des Ventilators, aus denen in Verbindung mit der an den Eingängen des Funktionsblockes 14 zugeführten Ist-Drehzahl und dem Motordrehmoment der Ist-Volumenstrom berechnet wird.

[0030] Der Ausgang des Funktionsblockes 14, an dem das Ist-Volumenstrom-Signal ansteht, ist mit einem Additionsglied 15 verbunden, an dem außerdem ein Eingang für den beispielsweise von der Stallklimaregelung 6 vorgegebenen Soll-Volumenstrom vorgesehen ist. Die am Ausgang des Additionsgliedes 15 anstehende Regelabweichung aus dem Soll-Volumenstrom und dem Ist-Volumenstrom wird einem Umsetzer 16 zugeführt, wo das die Regelabweichung bildende Volumenstromsignal in einen entsprechenden Drehzahl-Differenzwert konvertiert wird. Diese Größe wird einem Additionsglied 17 zugeführt, dem außerdem ein mit Hilfe eines Umsetzers 18 aus dem Volumenstrom-Sollwert konvertierter Drehzahlwert zugeführt wird. Das Ausgangssignal des Additionsgliedes 17 wird als Drehzahl-Sollwert dem Additionsglied 19 zugeführt, wo eine Differenzbildung mit dem ebenfalls zugeführten Drehzahl-Istwert vorgenommen wird. Je nach Regelabweichung wird dann die Drehzahl des Antriebsmotors 5 durch Pulsweitenmodulation der Zwischenkreisspannung variiert. Durch die entsprechend angepaßte Drehzahl des Antriebsmotors 5 kann ein vom Sollwert abweichender Volumenstrom innerhalb der Strömungsführung 3 korrigiert werden.

[0031] Wie gut in Fig. 1 erkennbar, ist in der Strömungsführung 3 außer dem Ventilator 2 noch ein durch eine Stellklappe 20 gebildetes Drosselorgan vorgesehen, mit der der Abluftstrom in der Strömungsführung 3 bedarfsweise gedrosselt werden, beispielsweise wenn der Volumenstrom durch starke Sogwirkung einen vorgegebenen Sollwert überschreitet. In diesem Fall wird die Stellklappe entsprechend verdreht und damit eine Strömungsdrosselung vorgenommen. Für die Verstellung der Stellklappe 20 ist ein motorischer Stellantrieb 21 vorgesehen, der an die Regelung 10 angeschlossen ist. Die Stellgröße für den Stellantrieb 21 kommt von einer durch einen Funktionsblock 22 dargestellten, zur Regelung 10 gehörenden Regeleinrichtung. Der Funktionsblock 22 hat einen Eingang 23 für die Regelabweichungs-Größe aus dem berechneten und dem vorgegebenen Volumenstrom sowie einen Eingang 24 für die Stellgröße des Pulsweitenmodulators. Der Eingang 23 ist an die Steuerverbindung zwischen dem Additionsglied 15 und dem Umsetzer 16 angeschlossen, während der Eingang 24 direkt mit dem Pulsweitenmodulator verbunden ist.

[0032] Die Stellklappe 20 befindet sich im Normalbetrieb in Offenstellung und sie wird nur dann in Richtung Schließstellung verstellt, wenn der Volumenstrom innerhalb der zum Beispiel durch einen Abluftkamin gebildeten Strömungsführung 3 vom Ventilator 2 nicht mehr entsprechend den Vorgaben verringert werden kann. Dies kann dann der Fall sein, wenn durch Thermik oder Windeinfluß ein starker Kaminsog entsteht, der von dem Ventilator nicht gebremst werden kann.

[0033] Wie bereits vorerwähnt, sind innerhalb des Funktionsblockes 14, in dem aus der Ist-Drehzahl und dem Motor-

drehmoment der Ist-Volumenstrom berechnet wird, die Kenndaten des Ventilators 2 abgelegt. Am Beispiel des Diagrammes gemäß Fig. 3 ist gut erkennbar, nach welchem Prinzip ein Rückschluß von den eingangsseitig zugeführten Größen, nämlich der Ist-Drehzahl und Motordrehmoment, auf den tatsächlichen Ist-Volumenstrom geschlossen wird.

[0034] Das Diagramm gemäß Fig. 3 zeigt eine Drehmomentkurve 27 des Antriebsmotors 5 für eine Drehzahl von 1000 Umdrehungen pro Minute. Jedem Punkt auf dieser Kurve ist ein bestimmtes Motordrehmoment und ein zugehöriger Volumenstrom zugeordnet. In dem Speicher des Funktionsblocks 14 sind die in Fig. 3 durch Quadrate markierten Punkte abgelegt. Aus diesen gespeicherten Punkten können die übrigen Punkte der Drehmomentkurve 27 errechnet werden, beispielsweise durch Interpolation.

[0035] Da der von dem Ventilator 2 geförderte Volumenstrom bei einem konstanten Strömungswiderstand in der Strömungsführung 3 einerseits quadratisch mit dem Ventilator-drehmoment und andererseits linear mit der Drehzahl des Ventilators 2 ansteigt, ist es ausreichend, wenn in dem Funktionsblock 13 nur für eine Drehzahl eine Drehmomentkurve 27 gespeichert ist, beispielsweise für 1000 Umdrehungen pro Minute, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist. Motordrehmomente, die bei einer von dieser Bezugsdrehzahl abweichenden Ist-Drehzahlen ermittelt werden, können dann auf die Bezugsdrehzahl umgerechnet werden, was nachstehend erläutert wird.

[0036] Stellt sich am Ausgang des Funktionsblockes 13 (Fig. 2) ein Motordrehmoment von beispielsweise 1,61 Nm ein und ist eine Ist-Drehzahl von 1200 Umdrehungen pro Minute vorhanden, so entspricht dies einem Motordrehmoment von

$$1,61 \text{ Nm} \cdot \left[ \frac{1000 \text{ min}^{-1}}{1200 \text{ min}^{-1}} \right]^2 = 1,12 \text{ Nm}$$

bei 1000 Umdrehungen pro Minute. Diesem Motordrehmoment von 1,12 Nm wird entsprechend dem im Funktionsblock abgelegten Algorithmus beziehungsweise der in Fig. 3 gezeigten Drehmomentkurve 27 ein Volumenstrom-Wert zugeordnet, der 5350 m<sup>3</sup> pro Stunde beträgt. Da der Volumenstrom zur Drehzahl des Ventilators proportional ist, kann aus diesem Volumenstrom-Wert der Volumenstrom-Istwert bei der vorhandenen Ist-Drehzahl von 1200 Umdrehungen pro Minute wie folgt berechnet werden:

$$5350 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \cdot \frac{1200 \text{ min}^{-1}}{1000 \text{ min}^{-1}} = 6420 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

[0037] Der in Fig. 1 gezeigte Frequenzumrichter 11 ist über ein Entstörfilter 25 an ein Wechselstromnetz, im Ausführungsbeispiel an ein einphasiges Wechselstromnetz angeschlossen. Es schließt sich daran eine vorzugsweise durch einen Schaltregler gebildete Stabilisierschaltung 26 an, deren Ausgang eine konstante Gleichspannung liefert. Durch Verwendung eines Schaltreglers kann die Zwischenkreisspannung bedarfsweise wesentlich höher liegen als die speisende Netzwechselspannung. Beispielsweise kann die Zwischenkreisspannung konstant 400 V betragen. Durch das Konstanthalten der Zwischenkreisspannung wirken sich Netzschwankungen und Spannungsschwankungen aufgrund von Laständerungen nicht nachteilig auf die Regelung aus, da der Aussteuerungsgrad der durch den Pulsweitenmodulator 12 gebildeten Spannungs-Steuereinrichtung ausschließlich auf Lastschwankungen des Antriebsmotors reagieren muß. Die Betriebsspannung muß somit bei der Regelung des Volumenstromes nicht mehr beachtet werden.

[0038] Insgesamt ergeben sich somit eine insbesondere zur Stallentlüftung dienende Lüftungseinrichtung 1, die wenigstens einen in einer Strömungsführung 3 angeordneten Ventilator 2 sowie gegebenenfalls eine Drosselklappe 20 aufweist. Der Antrieb des Ventilators 29 ist durch einen elektronisch kommutierten Elektromotor gebildet, der über einen Frequenzumrichter 11 an ein Wechselstromnetz angeschlossen ist. Der Frequenzumrichter 11 weist eine Endstufe mit an eine Ansteuerlektronik angeschlossenen, steuerbaren Halbleiterschaltern auf, wobei eine Spannungs-Steuereinrichtung zum Verändern der aus der Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters 11 abgeleiteten Versorgungsspannung in Abhängigkeit des Motor-Lastmomentes vorgesehen ist. Die Drehzahl des Antriebsmotors 5 wird entsprechend einem vorgebbaren Volumenstrom in der Strömungsführung 3 mittels einer Regelung 10 geregelt. Die Regelung weist Eingänge für die Ist-Drehzahlgröße sowie eine Stellgröße entsprechend dem Aussteuerungsgrad der Spannungs-Steuereinrichtung auf. Weiterhin ist ein Speicher zum Speichern von motor- und ventilatorspezifischen Kenndaten vorgesehen. Zum Konstanthalten eines eingestellten Volumenstromes hat die Regelung eine Auswertelogik zur Bildung einer Drehzahlstellgröße aus den Eingangsgrößen der Regelung sowie den abgespeicherten Motor- und Ventilator-kenndaten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Lüftungseinrichtung (1), wobei ein in einer Strömungsführung (3) angeordneter Ventilator (2) zum Erzeugen eines Luft-Volumenstroms mittels eines Antriebsmotors (5) angetrieben wird, wobei der Volumenstrom geregelt wird, indem ein Volumenstrom-Istwert erfaßt und mit einem Volumenstrom-Sollwert verglichen wird und wobei bei einer Regelabweichung die Drehzahl des Antriebsmotors (5) im Ausgleichssinn verändert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Elektromotor des Ventilators (2) elektronisch kommutiert und die Drehzahl des Antriebsmotors (5) durch Verändern der effektiven Betriebsspannung des Antriebsmotors (5) eingestellt wird, und daß der Ist-Volumenstrom indirekt ermittelt wird, indem ein aus dem Drehzahl-Istwert sowie einer Stellgröße für das lastabhängige Verändern der effektiven Betriebsspannung mittels Motorkenngrößen das Motordrehmoment und daraus sowie dem Drehzahl-Istwert mittels Ventilator-Kenngrößen, der Ist-Volumenstrom bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Volumenstrom zusätzlich durch ein verstellbares Drosselorgan beeinflusst wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Stellantrieb (21) für das Drosselorgan (20) mit einer aus der Volumenstrom-Regelabweichung sowie der Stellgröße für das lastabhängige Verändern der effektiven Betriebsspannung gebildeten

Drosselorgan-Stellgröße angesteuert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die effektive Betriebsspannung des Motors durch Pulsweitenmodulation verändert wird und daß die Stellgröße für das lastabhängige Verändern der effektiven Betriebsspannung aus dem Aussteuerungsgrad der Pulsweitenmodulation gebildet wird.

4. Lüftungseinrichtung (1) mit wenigstens einem in einer Strömungsführung (3) angeordneten Ventilator (2) und mit einer Einrichtung zur Bestimmung des die Strömungsführung (3) durchströmenden Volumenstromes aufweisenden Volumenstrom-Regelung, wobei der Ventilator mit einem Elektromotor (5) in Antriebsverbindung steht, der über Schaltelemente mit einem Wechselstrom-Versorgungsnetz verbindbar ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor (5) des Ventilators (2) ein elektronisch kommutierter Motor ist, der über einen Frequenzumrichter (11) an das Wechselstromnetz angeschlossen ist, daß der Frequenzumrichter (11) eine Endstufe (8) mit an eine Ansteuerelektronik angeschlossenen, steuerbaren Halbleiterschaltern aufweist, daß eine Spannungs-Steuereinrichtung zum Verändern der aus der Zwischenkreisspannung des Frequenzumrichters (11) abgeleiteten Versorgungsspannung in Abhängigkeit des Motor-Drehmomentes vorgesehen ist, daß die Volumenstrom-Regelung Eingänge für ein Ist-Drehzahlsignal und ein den Aussteuerungsgrad der Spannungs-Steuereinrichtung repräsentierendes Stellgrößensignal aufweist, daß ein Speicher zum Speichern von motorspezifischen und von ventilatorspezifischen Kenndaten vorgesehen ist und daß die Volumenstrom-Regelung zum Konstanthalten eines eingestellten Volumenstromes eine Auswertelogik zur Bildung einer Drehzahlstellgröße aus den Eingangssignalen der Volumenstrom-Regelung sowie den abgespeicherten Motor- und Ventilator-Kenndaten aufweist.

5. Lüftungseinrichtung (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungs-Steuereinrichtung einen Pulsweitenmodulator (12) aufweist.

6. Lüftungseinrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswertelogik zur Berechnung eines Ist-Volumenstromsignals ausgebildet ist und dazu einen Funktionsblock (13) zur Bestimmung eines Motordrehmomentensignals aus dem Ist-Drehzahlsignal, dem Stellgrößensignal und den motorspezifischen Kenndaten, sowie einen Funktionsblock (14) zur Bestimmung des Ist-Volumenstromsignals aus dem Ist-Drehzahlsignal, dem Motordrehmomentensignal und den Ventilator-Kenndaten aufweist, und daß die Volumenstrom-Regelung zur Bildung der Drehzahlstellgröße aus dem berechneten Ist-Volumenstrom und einem vorgegebenen Soll-Volumenstrom ausgebildet ist.

7. Lüftungseinrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der an das Wechselstromnetz angeschlossene Frequenzumrichter (11) eine Stabilisierschaltung (26) für die Zwischenkreisspannung aufweist, vorzugsweise einen Schaltregler.

8. Lüftungseinrichtung (1) mit einem in der Strömungsführung (3) angeordneten Drosselorgan, nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Volumenstrom-Regelung (10) eine Regeleinrichtung (22) für das Drosselorgan mit einem Eingang (23) für die Regelabweichungs-Größe aus dem berechneten Ist-Volumenstrom und dem vorgegebenen Soll-Volumenstrom sowie einen Eingang (24) für die Stellgröße des Pulsweitenmodulators (12) und einen an den Stellantrieb (21) des Drosselorgans angeschlossenen Ausgang aufweist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

